

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP02001198900A

PAT-NO: JP02001198900A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001198900 A

TITLE: LITHOGRAPHIC METHOD USING HYPERFINE PROBE

PUBN-DATE: July 24, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAKAYAMA, YOSHIKAZU

HARADA, AKIO

COUNTRY

N/A

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NAKAYAMA YOSHIKAZU

DAIKEN KAGAKU KOGYO KK

COUNTRY

N/A

N/A

APPL-NO: JP2000050301

APPL-DATE: January 22, 2000

INT-CL (IPC): B82B003/00;G12B021/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To develop lithographic technology allowing a hyperfine grooved pattern having a width of few nm to few hundred nm to be drawn on a sample such as a resist film, a mask formation film and a highly functional film.

SOLUTION: The base end of the nano-tube 12 is fixed to a holder 8 and its end is protruded from the holder 8 to form a nano-tube probe 12. The end of the probe is arranged in contact with a sample surface and voltage E is applied between the probe and a sample to cause the probe to be moved while removing sample materials from a probe contact portion to form a

*Lithographic
app/method.
Cannot be used
against inventive entity*

*Inventor
Sano as d.s.*

grooved pattern on the sample surface. An AFM probe or an STM probe can be used as the hyperfine probe. If the sample is an organic film 4, voltage E is applied between the probe and the organic film with the probe 12 being a cathode. By using the most effective nano-tube, the width W of the groove 16 to be formed is controlled to be few nm to few hundred nm because the diameter of the nano-tube is distributed from about 1 nm to few ten nm.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-198900

(P2001-198900A)

(43)公開日 平成13年7月24日(2001.7.24)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テ-マ-ト*(参考)

B 8 2 B 3/00

B 8 2 B 3/00

G 1 2 B 21/00

G 1 2 B 1/00

6 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数7 書面 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-50301(P2000-50301)

(22)出願日 平成12年1月22日(2000.1.22)

特許法第30条第1項適用申請有り 1999年12月9日 社団法人応用物理学会、薄膜・表面物理分科会発行の「The 7th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy」に発表

(71)出願人 599004210

中山 喜萬

大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟
404

(71)出願人 591040292

大研化学工業株式会社

大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号

(72)発明者 中山 喜萬

大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2
9-404

(74)代理人 100084342

弁理士 三木 久巳

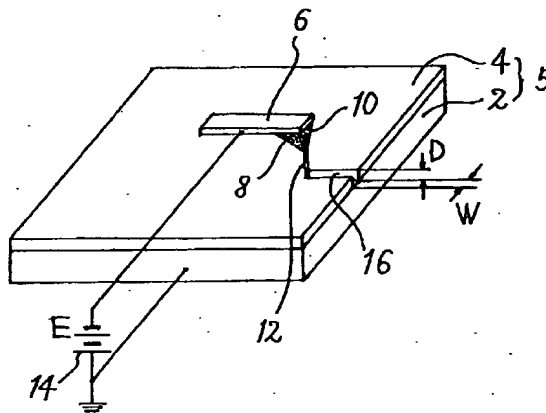
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超微細探針によるリソグラフィ法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 レジスト膜、マスク形成膜、高機能性膜等のサンプルに溝幅が数nm~数百nmの超微細な溝パターンを描画できるリソグラフィ技術を開発する。

【解決手段】 ナノチューブ12の基端部をホルダー8に固定しその先端部をホルダー8から突出させてナノチューブ探針12とし、この探針の先端をサンプル表面に接触させて配置し、この探針とサンプルの間に電圧Eを印加し、この電圧印加により探針接触部のサンプル物質を除去しながら前記探針を移動させてサンプル表面に溝状パターンを形成する。超微細探針としてAFM用探針やSTM用探針なども利用できる。サンプルが有機膜4の場合には、探針12を陰極とするように探針と有機膜の間に電圧Eを印加する。最も有効なナノチューブを用いれば、ナノチューブの直径dが約1nm~数十nmに分布しているから、形成される溝16の溝幅Wは数nm~数百nmに制御できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 先端直径がナノサイズの超微細探針を用い、この探針の先端をサンプル表面に連続的又は間欠的に接触させて配置し、この探針とサンプルの間に電圧を印加し、この電圧印加により探針接触部のサンプル物質を除去しながら前記探針を移動させてサンプル表面に溝状パターンを形成することを特徴とする超微細探針によるリソグラフィ法。

【請求項2】 ナノチューブの基端部をホルダーに固定しその先端部をホルダーから突出させてナノチューブアローブを形成し、このナノチューブアローブを前記超微細探針として用いた請求項1記載の超微細探針によるリソグラフィ法。

【請求項3】 前記ホルダーはAFM用のカンチレバーのピラミッド部である請求項2記載の超微細探針によるリソグラフィ法。

【請求項4】 前記サンプルが有機膜であり、探針を陰極とするように探針と有機膜の間に電圧を印加した請求項1又は2記載の超微細探針によるリソグラフィ法。

【請求項5】 前記探針の走査速度と印加電圧を調整して溝状パターンの溝幅と溝深さを制御する請求項1又は2記載の超微細探針によるリソグラフィ法。

【請求項6】 前記有機膜は電気的或いは光学的機能性膜、マスク形成膜、又は基板上に形成されたレジスト膜である請求項4記載の超微細探針によるリソグラフィ法。

【請求項7】 前記有機膜はポリシランフィルムである請求項4記載の超微細探針によるリソグラフィ法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電気的機能性膜、光学的機能性膜、レジスト膜、マスク形成等のサンプルに超微細な溝状パターンを形成できるリソグラフィ方法に関し、更に詳細には、先端直径がナノサイズのAFM用カンチレバーやナノチューブ等を探針として、極小の溝幅からなる溝状パターンをサンプルに形成できる超微細加工が可能な超微細探針によるリソグラフィ法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、半導体チップに回路パターンを形成するには、フォトリソとマスクを活用したリソグラフィ法（露光描画方法とも称する）が用いられる。図16に示されるように、このリソグラフィ法は、単結晶(a)からウェハ(b)を切り出し、このウェハを基板100としてスピナー上で回転させながらフォトリソ(c)を滴下し、基板100上にフォトリソ膜102を形成(d)する。

【0003】このフォトリソ膜102の上に写真のネガに相当するマスク104を重ね(e)、その上から露光する。マスク104は基体フィルム106に不透光

部108がパターン化されたもので、不透光部108はフォトリソ膜102を感光させない。これを現像すると感光部分110が除去(f)され、未感光部分112が残留する。この逆に、未感光部分が除去される場合もある。次に、拡散処理(g)により感光部分110に拡散層114が形成され、未感光部分112を除去(h)して半導体チップ116が完成する。更に、複雑な半導体パターンはこの処理を繰り返して形成される。

【0004】このような露光方式では光を利用しているため、マスクを透過した光が不透光部の領域に回折して、パターンの解像力を低下させる。マスクのパターンが微細になるほど回折が大きくなり、解像力は一層急激に低下する。解像度を上げるため、露光波長を短くする技術開発が行われた。まず、超高圧水銀ランプの近紫外からエキシマレーザーの遠紫外へと開発が行われた。しかし、有望なエキシマレーザー露光でも300~400nm程度の解像力しかない。半導体では更なる高密度化・高速化が要望されており、1nm~100nmの超微細加工は従来法では不可能である。

【0005】そこで、波長が0.1nm程度のX線を利用するエックス線露光技術が浮上した。解像力が大きい点では問題はないが、X線の方向制御にはレンズを用いることができず、凹面・凸面による反射制御も難しい。また、X線の平行性にも問題がある。X線源として通常の電子線励起形ではX線強度が弱く、プラズマX線源やSOR光源では規模が大きくなるため、実用化は困難である。

【0006】このような困難を解決するために、電子ビーム露光が開発された。電子線の波長は短いから解像力は極めて高く、電子顕微鏡のように操作性の良さを有している。しかし、その反面、真空中で露光処理をしなければならない不便さを有している。電子ビームはフォトリソ中で散乱し、電子ビーム自体が広がるという欠点も有している。また、電子ビームは電子のエネルギーが高いため加工しようとする半導体に欠陥を生成するという欠点もある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、電磁波や電子ビームを用いた従来の露光処理の概念から完全に離れて、高機能性膜、レジスト膜、マスク形成膜などのサンプルに溝幅が数nm~数百nmの超微細な溝パターンを描画できる高度の解像力を有したリソグラフィ技術を開発することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、先端直径がナノサイズの超微細探針を用い、この探針の先端をサンプル表面に連続的又は間欠的に接触させて配置し、この探針とサンプルの間に電圧を印加し、この電圧印加により探針接触部のサンプル物質を除去しながら前記探針を移動させてサンプル表面に溝状パターンを形成

することを特徴とする超微細探針によるリソグラフィ法である。

【0009】請求項2の発明は、ナノチューブの基端部をホルダーに固定しその先端部をホルダーから突出させてナノチューブプローブを形成し、このナノチューブプローブを前記超微細探針として用いた請求項1記載の超微細探針によるリソグラフィ法である。

【0010】請求項3の発明は、前記ホルダーがAFM用のカンチレバーのピラミッド部である請求項2記載の超微細探針によるリソグラフィ法である。

【0011】請求項4の発明は、前記サンプルが有機膜であり、探針を陰極とするように探針と有機膜の間に電圧を印加した請求項1又は2記載の超微細探針によるリソグラフィ法である。

【0012】請求項5の発明は、前記探針の走査速度と印加電圧を調整して溝状パターンの溝幅と溝深さを制御する請求項1又は2記載の超微細探針によるリソグラフィ法である。

【0013】請求項6の発明は、前記有機膜が電氣的或いは光学的機能性膜、マスク形成膜、又は基板上に形成されたレジスト膜である請求項4記載の超微細探針によるリソグラフィ法である。

【0014】請求項7の発明は、前記有機膜がポリシランフィルムである請求項4記載の超微細探針によるリソグラフィ法である。

【0015】

【発明の実施の形態】数nm～数百nmの溝幅を有する高解像力を有するリソグラフィ技術を開発するために、本発明者らはカーボンナノチューブを中心とするナノチューブ探針、AFM用探針、STM用探針などを探針として利用することを着眼し、ナノスケールのリソグラフィ技術（以後ナノリソグラフィと称する）を実現するに至った。その中でも、先端曲率半径の極小さからナノチューブ探針が最も高解像力であることを想到するに至った。

【0016】本発明者らはナノチューブを探針としたSPM装置（走査型プローブ顕微鏡）、例えばAFM装置（原子間力顕微鏡）やSTM装置（トンネル顕微鏡）を、特願平10-376642号、特願平10-378548号、特願平11-116939号及び特願平11-116940号として既に公開している。

【0017】ナノチューブがリソグラフィ用の探針として最有力である理由は次の通りである。ナノチューブは、まずカーボンナノチューブとして発見された。カーボンナノチューブ（CNTと称する場合もある）の直径は約1nm～数十nmに分布しており、またその軸長はナノサイズからマイクロサイズに亘っている。従って、この高アスペクト比を有するナノチューブをSPMの探針として用いれば、サンプルの表面構造を原子レベルの高解像力で検出することができる。

【0018】カーボンナノチューブの発見に続いてBCN系ナノチューブが合成された。例えば、非晶質ホウ素とグラファイトの混合粉末をグラファイト棒に詰め込み、窒素ガス中で蒸発させる。また、焼結BN棒をグラファイト棒に詰め込み、ヘリウムガス中で蒸発させる。更に、BC₄Nを陽極、グラファイトを陰極にしてヘリウムガス中でアーク放電させる。これらの方法で、CNT中のC原子の一部がB原子とN原子に置換されたBCN系ナノチューブが合成された。

10 【0019】また、BN系ナノチューブも合成された。これはC原子をほとんど含まないナノチューブである。例えば、CNTとB₂O₃粉末をるつぼの中に入れて窒素ガス中で加熱する。この結果、CNT中のC原子のほとんどがB原子とN原子に置換されたBN系ナノチューブが合成される。

【0020】BCN系ナノチューブもBN系ナノチューブもCNTとほぼ同様の物質構造をとっているから、直径に対する軸長比、即ちアスペクト比は極めて高い。従って、本発明のナノチューブとしては、カーボンナノチューブのみならず、BCN系ナノチューブやBN系ナノチューブ等の一般のナノチューブが利用できる。但し、電気伝導性を確保するために、金属の表面コートやドーピングを行うこともある。

【0021】ナノチューブがサンプル表面の凹凸構造を検出できるだけでなく、サンプル表面の原子を除去できるとすれば、ナノチューブでサンプル表面の原子を移動除去して溝を形成でき、溝からなるパターンを描画できるはずである。しかも、その溝幅は使用されるナノチューブの直径に依存し、直径1nmのナノチューブを使用すれば、最小でも溝幅を数nm程度にまで極小化できるはずである。このような発想から、本発明に係る超微細探針によるリソグラフィ方法が実現された。

【0022】微細加工用の探針としては、ナノチューブに限らず、AFM用のカンチレバーやSTM用の探針を利用することもできる。これらはサンプル表面の原子分布を撮像できるくらいであるから、リソグラフィ用探針としてもナノスケールの溝パターンを形成できる。以下では、最も有効なナノチューブ探針を例にとって説明するが、それらの説明は上記の他の探針でも適用できる。

40 【0023】次に、本発明者らはナノチューブによる原子の除去方法の検討に入った。AFMのコンタクトモード又はタッピングモードを利用してナノチューブをサンプル表面に接触させ、ナノチューブとサンプルの間に電圧を印加しながらナノチューブ探針を移動させる。この表面をAFMモードで観察すると、サンプル表面に溝が確認できた。

【0024】サンプルが有機ポリシランのような有機物質からなる場合には、ナノチューブを陰極にするようにナノチューブとサンプル間に電圧を印加したときに、サンプル表面に溝が形成される。しかも電流が流れている

ときに溝が形成されるから、電子注入によってSiとSi間の結合が切れ、切断された原子または原子集団が空間中に放出されると考えられる。

【0025】サンプルとしてレジスト膜を対象にすれば、レジスト膜に任意の溝パターンを刻設することができ、ナノチューブの直径に依存して溝幅が数nm～数十nmのナノリソグラフィを実現できる。また、サンプルとしてマスクを対象とした場合、基体フィルムに不透光膜を塗布形成し、この不透光膜にナノチューブで溝パターンを形成してマスクを実現することができる。更に、サンプルとして電氣的機能性膜や光学的機能性膜を対象とすれば、任意のパターンを形成でき、ナノスケールのデバイスを制作できる。その他、サンプルとして何を対象としてもよく、このサンプルにナノスケールの溝パターンを形成できるナノリソグラフィを完成したものである。

【0026】次に、本発明に係る超微細探針によるリソグラフィ法の実施の形態を図面に従って詳細に説明する。図1は有機膜への溝パターン形成を説明する概略斜視図である。2は単結晶シリコンからなる基板、4は基板2の上に形成された有機物質からなる有機膜、5は基板2と有機膜4からなる試料、6はAFM用のカンチレバー、8はシリコンで形成されたピラミッド状のホルダー、10はAu等でホルダー表面に蒸着された金属膜、12はホルダー8上に固定されたナノチューブ、14は直流電源である。

【0027】電圧Eの直流電源14の陰極はカンチレバー6に連結され、導通膜を通して前記ホルダー8の金属膜10を陰極にする。また、直流電源14の陽極は基板2に連結され、アースされている。従って、0(V)の基板2に対しホルダー8は-E(V)と負に印加される。このE(V)をバイアス電圧と呼んでいる。この状態、即ちコンタクトモードで、カンチレバー6を移動させると、ナノチューブ探針12の先端の有機膜を構成する原子が空間中に放出され、有機膜4に溝深さD、溝幅Wの溝16が形成される。

【0028】図2はナノチューブ探針を移動制御する制御ダイアグラムである。ナノチューブ探針12はピラミッド状のホルダー8に固定され、このホルダー8はカンチレバー6の先端に配置され、カンチレバー6の後方にはサブストレート18が配置されている。カンチレバー6、ホルダー8、ナノチューブ探針12及びサブストレート18が一体としてナノチューブアプローブ20を形成する。

【0029】試料台21には試料5が配置され、この試料5はXYZ走査回路30によりXYZ方向に駆動される。24は半導体レーザー装置、26は反射ミラー、28は2分割光検出器、32はAFM表示装置、34はZ軸検出回路である。

【0030】ナノチューブ探針12を試料5の表面に接

触するまでZ方向に移動させる。半導体レーザー装置24からレーザービームLBをカンチレバー6の背面に照射し、その反射光を反射ミラー26により再反射させて2分割光検出器28に入射させる。図2をAFM装置として説明すると、ナノチューブ探針12がXY方向に走査されるに従って、カンチレバー6が上下に変位し、検出器28a、28bの光検出量の差からカンチレバー6のZ方向変位量が検出される。Z軸検出回路34によりZ軸変位量を算出し、このZ軸変位量をAFM表示装置32に表示する。

【0031】本発明では、ナノチューブ探針12を有機膜4の表面に連続的又は間欠的に接触させた状態で、試料5をXY方向に移動し、図1に示される溝16を形成する。望ましい溝幅Wと溝深さDを得るように、ナノチューブに印加する電圧EとXY方向への移動速度を調整すればよい。

【0032】図3はAFM用カンチレバーの要部斜視図である。カンチレバー6の側面には電極7が形成されており、ピラミッド状のホルダー8の表面にはAu等からなる金属膜10が形成される。電極7と金属膜10とは導通状態にある。シリコンは絶縁性が高いので、電圧を印加できるようにホルダー8の表面に金属膜を形成する。

【0033】図4はナノチューブの斜視図である。ナノチューブの直径dは約1nm～数十nmに分布し、その軸長Lは数百nm～数μmにまで分布する。従って、アスペクト比L/dは10～数千にまで分布し、任意のアスペクト比のナノチューブを選択できる。これに匹敵する材料は現在では他に存在しない。

【0034】図5～図7はナノチューブ12をホルダー8に固定する工程図である。ナノチューブ12は不均一電界によりナイフエッジ36に半分突出した状態で付着する。図5に示すように、このナイフエッジ36と金属膜10を形成したAFM用のカンチレバー6を電子顕微鏡内で対向配置させる。ナイフエッジ36とカンチレバー6は独立に3次元方向に移動調整できるように構成されている。

【0035】図6に示すように、カンチレバー6を移動させて、ホルダー8の表面にナノチューブ12が接触するように微調整する。即ち、ナノチューブ12の基端部12aがホルダー8に接触し、ナノチューブ12の先端部12bがホルダー8から突出している。基端部12aに電子ビームを照射すると、電子顕微鏡内に微量存在する有機不純物が分解されて、基端部12aを被覆するように炭素からなるコーティング皮膜38が形成される。図7にコーティング皮膜38により固定されたナノチューブ探針12を有するカンチレバー6が示されている。

【0036】図8は図7の要部断面図である。ピラミッド状のホルダー8の表面には金属膜10が形成され、ナノチューブ12の基端部12aがコーティング皮膜38

10

20

30

40

50

により固定されているのが分かる。ナノチューブ12の先端部12bが探針として機能する。

【0037】図9はナノチューブの他の固定方法を示す要部断面図である。図6の状態、ナイフエッジ36とホルダー8間に電流を流すと、ナノチューブ12の基端部12aがアモルファス化してホルダー8に融着される。電子ビームの直射により融着することもできる。従って、基端部12aはアモルファスからなる融着部40となる。この融着部によりナノチューブ12はホルダーに強固に固定される。

【0038】図10はナノチューブがコーティング皮膜により固定されたナノチューブアローブの写真である。固定されているために、ナノチューブ12は容易にホルダー8から離脱することはない。ナノチューブ12は極めて柔軟な材料で、極端に湾曲することができ、それでも折れることはない。ここでは、ナノチューブ先端がサンプル表面に略垂直に接するようナノチューブを湾曲して固定している。従って、このようにして作られたナノチューブアローブ20は耐久性が高く、長寿命である。

【0039】図11は試料の断面図である。単結晶シリコンの基板2の上に、有機物質を膜状に形成した有機膜4が配置されている。この実施形態では、有機膜4の厚みは11nmに設計されている。有機膜には種々の有機物質が利用できるが、例えば有機ポリシランがある。有機ポリシランは自己機能化材料の一つで、1次元エキシトンに基づく性質を有する。例えば、高いホール移動度を有する光導電性、高発光特性、大きな非線形光学効果などである。これらの性質から有機ポリシランはナノオプトエレクトロニクス素子の有望な材料と考えられている。図12は有機ポリシランの構造式であり、R1及びR2は炭化水素基を表している。

【0040】有機ポリシランの一種としてPMPS（ポリメチルフェニルシラン）があり、図13はPMPSの構造式である。R1がメチル基及びR2がベンゼン環になったポリシランである。分子量は重合量により異なるが、約30000である。このPMPSのトルエン溶液を150℃で30分間熱処理された単結晶シリコン基板2にスピンコートして有機膜4を形成する。

【0041】図14は図1のコンタクトモードによるリソグラフィ法で形成された溝を有する試料の写真である。有機膜の表面に溝が形成されているのが分かる。図15は図14の溝の断面図である。AFMにより測定した結果、溝幅Wは70nm、溝深さDは11nmであることが分かった。また、タッピングモードによるリソグラフィ法では、ナノチューブの直径に相当する溝も形成できることが分かった。

【0042】このリソグラフィ法では、断面直径dが小さなナノチューブ、即ち先端曲率半径の小さなナノチューブを使用すれば溝幅Wを自在に調整できる。ナノチューブの断面直径dは約1nm～数十nmまで分布してい

るから、溝幅Wも数nm～数百nmまで調整できる。このようなナノスケールの超微細加工（ナノリソグラフィ）は従来全く達成できなかった領域である。

【0043】比較のために、カーボンナノチューブを取り付けないときに、どのような溝が形成できるかどうかを調べた。図3に示すAFM用カンチレバーのピラミッド状ホルダー8により溝を形成する実験を行った。このシリコンアローブでは走査速度0.05($\mu\text{m/s}$)、バイアス電圧-10(V)のコンタクトモードで約850nmの溝幅Wを形成した。従って、シリコンアローブと比較してもナノチューブチップの有利性が確認された。また、ナノチューブチップは寿命の長いことも確認された。

【0044】前記の比較実験は、ナノチューブチップと全く同様の構成で、AFM用カンチレバーが超微細探針として利用できることを示している。電圧の印加極性も同様である。STM用の探針でも実験してみたが、同じような溝パターンを形成することができた。従って、先端曲率半径がナノサイズの超微細探針を用いれば、ナノサイズの溝パターンを形成することが可能であることが分かった。

【0045】本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例、設計変更などをその技術的範囲内に包含するものである。

【0046】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、ナノサイズの超微細探針によりサンプル表面にナノスケール、例えば数十nm～数百nmの溝パターンを形成できる。従って、ナノリソグラフィの実現により半導体チップの高密度化・高速度化を達成できる。

【0047】請求項2の発明によれば、先端直径が1nm～数十nmのナノチューブを用いて従来未踏のナノリソグラフィを実現できる。またナノチューブの高柔軟性により長寿命のナノリソグラフィを確立できる。

【0048】請求項3の発明によれば、AFM用に流通しているカンチレバーを超微細探針として用いることができるから、安価なナノリソグラフィを実現できる。

【0049】請求項4の発明によれば、有機膜に対しては、探針を陰極とするように探針と有機膜の間に電圧を印加して、ナノスケールの溝パターンを確実に形成できる。従って、ナノエレクトロニクスデバイスの実現を図ることができる。

【0050】請求項5の発明によれば、ナノチューブ探針の走査速度と印加電圧を調整するだけで、溝状パターンの溝幅と溝深さを自在に調整制御でき、高機能なナノリソグラフィを実現できる。

【0051】請求項6によれば、電気的機能性膜、光学的機能性膜、マスク形成膜、又は基板上に形成されたレジスト膜にナノリソグラフィを実現でき、ナノデバイス

を実現できる。

【0052】請求項7の発明によれば、ポリシランフィルムにナノスケールの溝パターンを形成できるから、ポリシランの物性を発揮できる有機ナノオプトエレクトロニクスデバイスを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】有機膜への溝パターン形成を説明する概略斜視図である。

【図2】ナノチューブ探針を移動制御する制御ダイアグラムである。

【図3】AFM用カンチレバーの要部斜視図である。

【図4】ナノチューブの斜視図である。

【図5】ナノチューブをホルダーに固定する工程図である。

【図6】ナノチューブをホルダーに固定する工程図である。

【図7】ナノチューブをホルダーに固定する工程図である。

【図8】図7の要部断面図である。

【図9】ナノチューブの他の固定方法を示す要部断面図である。

【図10】ナノチューブがコーティング被膜により固定されたナノチューブアローブの写真である。

【図11】試料の断面図である。

【図12】有機ポリシランの構造式である。

【図13】PMPS（ポリメチルフェニルシラン）の構造式である。

【図14】図1のリソグラフィ方法で形成された溝を有する試料の写真である。

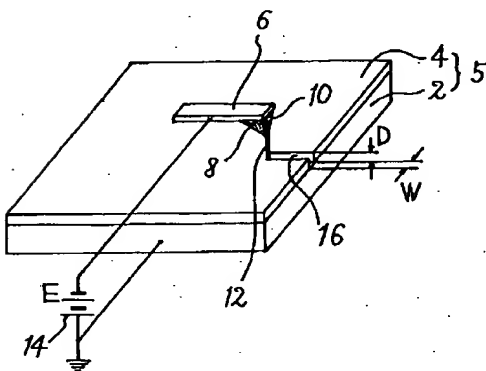
【図15】図14の溝の断面図である。

【図16】フォトリソとマスクを活用した従来のリソグラフィ方法である。

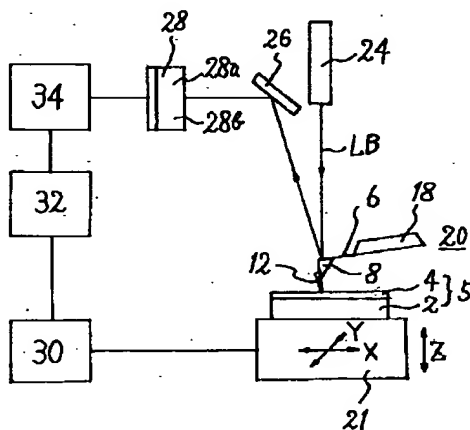
【符号の説明】

- 2・・・基板
- 4・・・有機膜
- 5・・・試料
- 6・・・カンチレバー
- 8・・・ホルダー
- 10・・・金属膜
- 12・・・ナノチューブ
- 12a・・・基端部
- 12b・・・先端部
- 14・・・直流電源
- 16・・・溝
- 18・・・サブストレート
- 20・・・ナノチューブアローブ
- 21・・・試料台
- 24・・・半導体レーザー装置
- 26・・・反射ミラー
- 28・・・2分割光検出器
- 28a・・・上検出器
- 28b・・・下検出器
- 30・・・XYZ走査回路
- 32・・・AFM表示装置
- 34・・・Z軸検出回路
- 36・・・ナイフエッジ
- 38・・・コーティング被膜
- 40・・・融着部
- C・・・炭素原子
- d・・・ナノチューブの直径
- D・・・溝深さ
- L・・・ナノチューブの軸長
- W・・・溝幅
- Δ・・・垂下深さ

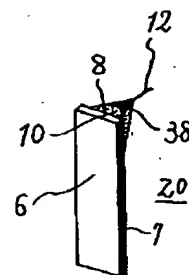
【図1】



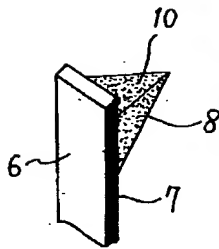
【図2】



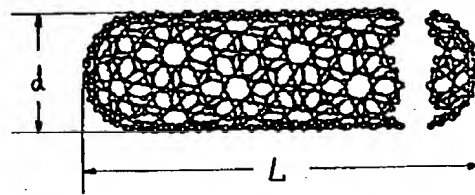
【図7】



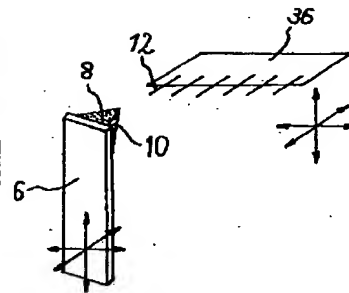
【図3】



【図4】

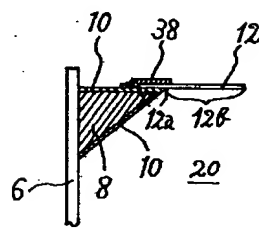
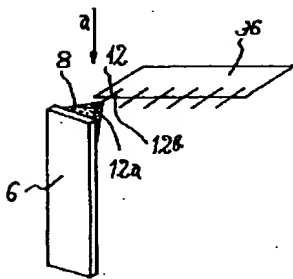


【図5】

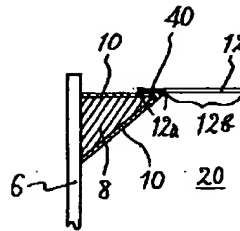


【図8】

【図6】



【図9】



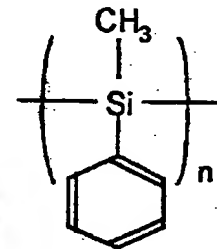
【図11】



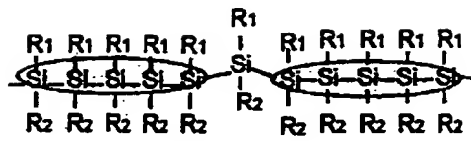
【図10】



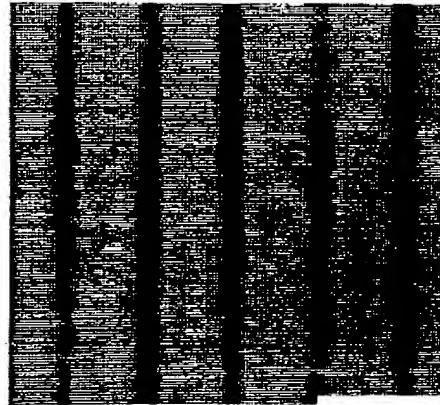
【図13】



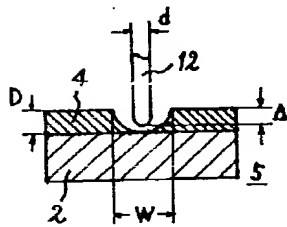
【図12】



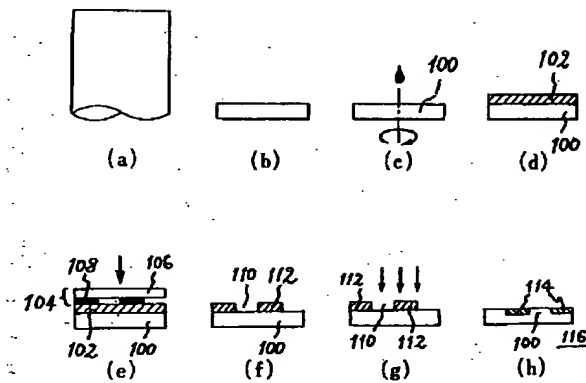
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 原田 昭雄

大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号

大研化学工業株式会社内